

# Klimaschutz als Herausforderung für einen zukunftsfähigen Stadtverkehr

## Strategien und Größenordnungen zur Minderung der Kohlendioxidemissionen

Oscar Reutter

### Climate Protection as a Challenge for a Sustainable Urban Transport

### Strategies and Dimensions for Carbon-dioxide Reductions

80 % weniger Treibhausgasemissionen pro Person bis 2050 im Vergleich zum Basisjahr 1990 – mindestens – aber besser noch: 95 % weniger! So lautet die Herausforderung, die der Klimaschutz an ein zukunftsfähiges Deutschland und an einen zukunftsfähigen Stadtverkehr stellt. Das ist keine Kleinigkeit, die sich mit Verbesserungen im Detail erreichen ließe. Mit welchen Strategien kann also das angesagte Leitbild einer (fast) CO<sub>2</sub>-emissionsfreien Stadt im städtischen Personenverkehr verfolgt werden? Und in welchen Größenordnungen muss dabei eigentlich gedacht und gehandelt werden? Diesen Fragen nach den erforderlichen CO<sub>2</sub>-Minderungen wird mit einem Backcasting-Szenario, einem „Szenario des Erforderlichen“<sup>1</sup> am Beispiel der Großstadt Wuppertal nachgegangen.

Zusammenfassung

Reducing greenhouse gases emissions by 80 per cent (or better: by 95 per cent!) by 2050 from 1990 baseline – this is the climate protection challenge faced by Germany in their strive for sustainability in general and specifically in urban traffic. This is not a trivial problem that can be fixed just by improving a few details. Which strategies can help to achieve the vision of a city with hardly any CO<sub>2</sub> emissions in the urban public transport? In which dimensions does one need to calculate? The article considers these questions with the help of a backcasting scenario, a “scenario of the necessary” using the example from the city of Wuppertal.

Abstract

Klimaschutz; Umweltprobleme des Verkehrs; Stadtentwicklung; Wuppertal; Szenariotechnik

Schlagworte

Climate mitigation; Transport, environmental issues; Urban development; Wuppertal; Scenario technique

Keywords

#### **H**erausforderung Klimaschutz

Seit der Industrialisierung steigt die durchschnittliche globale oberflächen-nahe Temperatur stetig an (Abbildung 1). Die zehn weltweit wärmsten Jahre seit 1880 liegen alle in der jüngsten Vergangenheit: in den elf Jahren von 1998 bis 2009. Und bis zum Jahr 2100 rechnen die Klimaforscher des Weltklimarats (IPCC) mit einem Temperaturanstieg im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zwischen 1,8 °C im besten Fall und 4,0 °C im schlechtesten Fall; im Jahr 2009 war bereits eine Zunahme von +0,8 °C seit 1880 eingetreten (vgl. GISS 2010; Hadley Centre 2009).

Der Klimawandel wird vom Menschen mit der Emission von Treibhausgasen verursacht. Das dominante Treibhausgas ist das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das bei allen fossilen Verbrennungsprozessen sowie

bei der Entwaldung und der Trockenlegung der Moore entsteht. Seit der Industrialisierung stieg die Kohlendioxidkonzentration in der Erdatmosphäre<sup>2</sup> von 250 ppmV im Jahr 1750 auf 386 ppmV im Jahr 2009 an bei einer Zuwachsrate von derzeit etwa 2 ppmV pro Jahr (vgl. Tans & NOAA/ESRL 2010; IPCC 2007a). Aus Eiskernbohrungen wissen wir, dass schon dieser Konzentrationswert im langfristigen Wechsel von Eiszeiten und Warmzeiten einen historisch einmaligen Höchstwert darstellt. Der IPCC erwartet in seinen Trendszenarien sogar noch einen kontinuierlichen weiteren Anstieg der Kohlendioxidkonzentration im Extremfall bis auf einen Wert von 660-790 ppmV zum Ende des 21. Jahrhunderts (vgl. IPCC 2007b).

Inzwischen ist der Klimawandel keine ferne Zukunft mehr, sondern bereits heute Realität: sichtbar, fühlbar, mess-

bar. Zurückweichende Gletscher im Himalaya oder in den Alpen und schmelzende Eiskappen in der Arktis, Antarktis und in Grönland können heute als „Tatorte des Klimawandels“ besichtigt werden. Der Wirbelsturm Katrina hat den USA im August 2005 die Empfindlichkeit der Atmosphäre und die Verletzlichkeit der menschlichen Gesellschaft durch Klimaeinwirkungen dramatisch vor Augen geführt. Auch in Deutschland erleben wir in den letzten Jahren zunehmend seine Auswirkungen, zum Beispiel den Hitzesommer 2003, den Orkan Kyrill am 18. Januar 2007 oder Blitzfluten durch kurzzeitigen, sintflutartigen Starkregen, wie beim Dortmunder Hochwasser am 26. Juli 2008.

#### Großaufgabe Minderung der Treibhausgasemissionen

Bei der globalen Generationenaufgabe

Abbildung 1: Klimawandel – vom Menschen verursacht. Globaler Temperaturanstieg seit der Industrialisierung (Quellen: Hadley Centre (2010) © British Crown 2010 the Met Office)

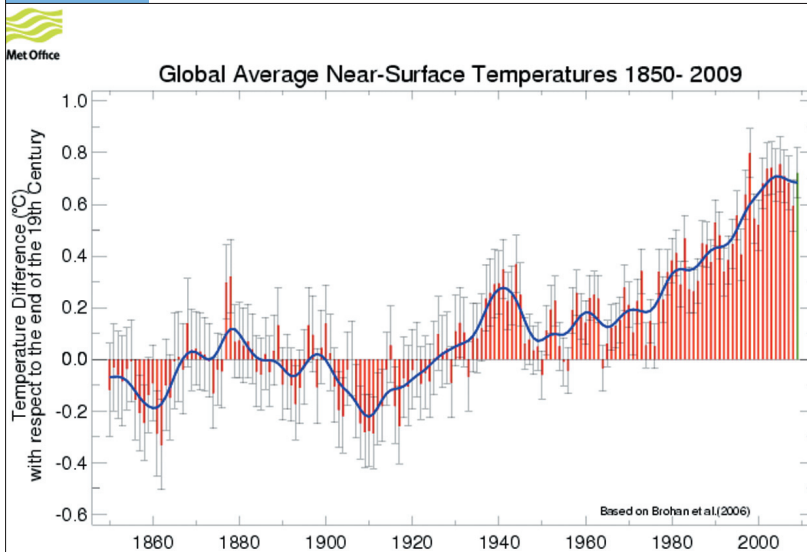


Abbildung 2: Minderungsziele der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland für sechs Treibhausgase und für CO<sub>2</sub>: 1990 – 2005 – 2012 – 2020 – 2050 (Quelle: UBA 2010a (ohne LULUCF), eigene Berechnungen; Grafik: Felix Reutter)

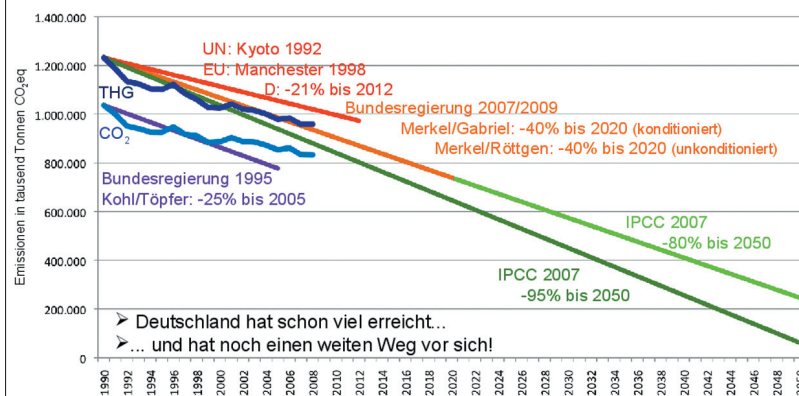
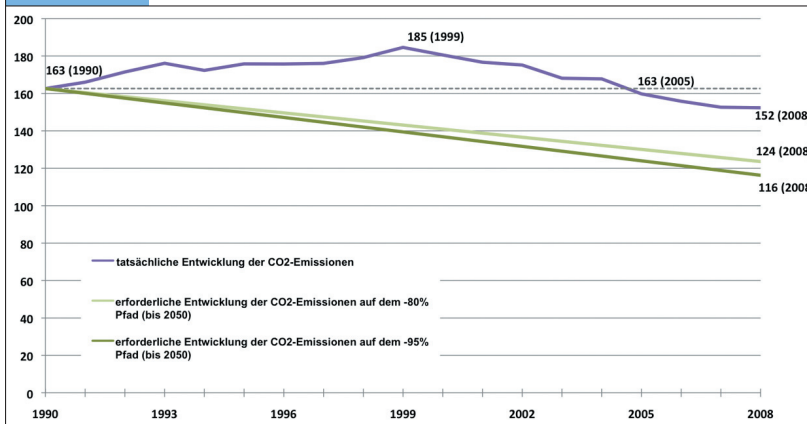


Abbildung 3: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs (nicht enthalten sind CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Biodiesel und des Luft- und Seeverkehrs) in Deutschland 1990-2008 (in Mio. Tonnen) (Quellen: UBA 2010a und eigene Berechnungen)



Klimaschutz geht es gemäß der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, die von fast allen Staaten der Welt unterzeichnet und ratifiziert wurde, darum, eine gefährliche Störung des Klimasystems zu verhindern (vgl. Vereinte Nationen 1992). Die Europäische Union hat dieses Ziel politisch so operationalisiert, dass die globale Erwärmung langfristig unter einer maximalen Zunahme von bis zu +2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau gehalten werden soll (vgl. Council of the European Union 2005; 2008).

Um diese Zwei-Grad-Grenze einzuhalten, darf die Konzentration der Treibhausgase in der Erdatmosphäre nicht über 450 ppmV CO<sub>2</sub>-Äquivalente steigen (vgl. IPCC 2007c: Kapitel 13). Das erfordert einen schnellen Trendbruch bis 2015 bei den bislang weltweit wachsenden Treibhausgasemissionen und bis zum Jahr 2050 eine Verringerung der globalen Treibhausgasemissionen um 80 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 (vgl. Sterk et al. 2009).

Verteilt man diesen dann in Zukunft noch möglichen globalen CO<sub>2</sub>-Gesamtausstoß aus Gerechtigkeitsgründen gleichmäßig auf rund neun bis zehn Milliarden Erdbewohner, so ergibt sich ein jährliches Kohlendioxid-Kontingent von etwa eine Tonne CO<sub>2</sub> pro Kopf. Im Vergleich zu den heutigen rund 10,5 Tonnen Kohlendioxid pro Kopf in Deutschland erfordert das für Deutschland also eine Reduktion der Kohlendioxidemissionen um mindestens 90 % bis zum Jahr 2050. Auch die übrigen Industrieländer haben nach dieser Fairnessüberlegung ähnliche Minderungsleistungen zu erbringen.

Die Europäische Union hat deshalb als politische Forderung an die Industrieländer eine Minderungsleistung von 80 bis 95 % durch die Industrieländer bis 2050 im Vergleich zu 1990 in die internationalen Klimaverhandlungen in Kopenhagen im Dezember 2009 eingebracht (vgl. Council of the European Union 2009: 3).

Diese längerfristige Reduktionsaufgabe verdeutlicht, dass die bisher politisch formulierte Mindest-Reduktionsziele für eine nähere Zukunft (jeweils bezogen auf das Basisjahr 1990) nur Zwischenschritte auf einem langfristigen Minderungspfad sind. Vergleicht man die reale Entwicklung in Deutschland mit diesen Minderungszielen (Abbildung 2), so wird einerseits klar, dass Deutschland seit 1990 in der Tat klar auf den notwendigen Minderungspfad eingeschwenkt ist und durchaus schon beachtliche Minderungsbeiträge geleistet hat. Andererseits wird aber auch deutlich, welchen weiten und anspruchsvollen Weg Deutschland in dem erforderlichen Minderungskorridor von -80 % bis

-95 % der Kohlendioxidemissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 noch vor sich hat. Klimaschutz durch eine derart massive Minderung der Treibhausgasemissionen ist eine enorme Herausforderung für die Weltgemeinschaft, für eine Industrienation wie Deutschland und damit auch für den Verkehr bzw. Stadtverkehr.

Das Kohlendioxid ist mit einem Anteil von 87 % an Deutschlands gesamten Treibhausgasemissionen das bedeutendste Treibhausgas hierzulande. Der Verkehrssektor (ohne den internationalen See- und Luftverkehr) trägt etwa zu einem Fünftel zu den Kohlendioxidemissionen aus Verbrennungsprozessen in Deutschland bei (18,4 %). Alleine der Straßenverkehr verursacht 17,5 % der deutschen Kohlendioxidemissionen (alle Angaben nach Umweltbundesamt 2010a).

Abbildung 3 zeigt, dass die Kohlendioxidemissionen des Verkehrs in Deutschland von 1990 bis 1999 gestiegen sind und seither sinken; 2005 hatten sie wieder die Höhe von 1990 erreicht und 2008 waren es knapp 7 % weniger als 1990. Allerdings sinken sie weitaus langsamer, als es der Minus-80-Prozent-Reduktionspfad von 1990 bis 2050 oder gar der Minus-95-Prozent-Reduktionspfad verlangt.

Innerhalb des Verkehrssektors sind vor allem drei Segmente wegen ihrer Kohlendioxidemissionen besonders klimakritisch (ausführlich dazu Schallaböck 2009: 37): der Straßengüterverkehr, der Luftverkehr und der Pkw-Verkehr. In der kommunalen Verkehrsplanung steht der Pkw-Verkehr im Zentrum der Anstrengungen, die Kohlendioxidemissionen des Verkehrs wirksam zu verringern.

Strategien zur Minderung der städtischen Treibhausgasemissionen

Besser, anders, weniger – so lauten die drei Grundsätze für ein zukunftsfähiges Deutschland (ausführlich: BUND et al. 2008: 216-249). Ein ökologischer Wohlstand soll geschaffen werden im Zusammenspiel der Prinzipien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz. Und diese drei umweltpolitischen Prinzipien können eine zukunftsfähige Stadtentwicklung leiten, die die Perspektive einer „Low-Carbon-City“ verfolgt – auch beim Stadtverkehr (Tabelle 1).

Beim städtischen Personenverkehr entsprechen diese drei umweltpolitischen Basisstrategien etwa den bekannten drei Prinzipien „Vermeidung, Verlagerung und Verbesserung“ einer umweltorientierten integrierten Stadt- und Verkehrsplanung (z.B. Beckmann 2000; FGSV 2003; Holzapfel 2003; Petersen 2006). Diese Triade gilt es nun mit Maß-

Tabelle 1: Zukunftsfähige Stadtentwicklung zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Strategien – Handlungsfelder – Beispiele (eigene Darstellung unter Bezugnahme auf BUND et al. 2008, insbes. Kapitel 8)

Strategie	Energie	Verkehr
Effizienz: Besser!	Effizientere Energietechnologien	Effizientere Fahrzeugtechnologien
Sparsamer Einsatz natürlicher Ressourcen, Optimierung Input-Output-Verhältnis	Brennwertkessel, Blockheizkraftwerk	Verbrauchsarme Kfz, ÖPNV statt MIV
Konsistenz: Anders!	Erneuerbare Energien	Null-Emissions-Mobilität
Qualitativ andere naturverträgliche Produktions- und Konsumweise, naturangepasste Technologien und Verhaltensmuster	Solarkollektoren, Photovoltaik, Windräder, Biomassenutzung	Fuß- und Radverkehr
Suffizienz: Weniger!	Energieeinsparung	Verkehrseinsparung
Quantitative Reduktion des absoluten Ressourcenverbrauches	Kleinere beheizte Wohnfläche (qm/Kopf), niedrigere Raumtemperatur (19 ° statt 20 °C)	Wege verkürzen, Wege überflüssig machen, Stadt der kurzen Wege

nahmen und Instrumenten stadtpolitisch so ambitioniert auszugestalten, dass die für den Klimaschutz erforderliche drastische Verringerung der Kohlendioxidemissionen erreicht wird. Es geht dabei um ein Denken und Handeln in deutlich anderen Größenordnungen als in der Praxis bisher oft üblich. Einige zusätzliche Fahrradbügel, ein paar weitere Tempo-30-Zonen oder die ein oder andere neue Buslinie werden dafür sicher nicht ausreichen.

Besser: die Effizienz

„Besser“ bezeichnet das Prinzip der Effizienz, präzise: der Ressourceneffizienz (Reutter 2007). Ressourceneffizienz ist eine umweltökonomische Basisstrategie, die auf den sparsamen und optimalen Einsatz von natürlichen Ressourcen zielt – von Energie, Wasser, Material und Fläche. Damit kann mit dem gleichen Input mehr Output bei weniger Umweltbelastung produziert werden. Oder der gleiche Output kann realisiert werden – bei einer geringeren Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen und geringeren Umweltbelastungen.

Im Stadtverkehr geht es neben verkehrsorganisatorischen Verbesserungen für einen verträglicheren Verkehrsablauf darum, die technische Fahrzeugeffizienz zu steigern, durch kleinere, leichtere, langsamere Autos, die wesentlich verbrauchsärmer sind und weniger Kohlendioxid emittieren. Außerdem kommt es darauf an, die Systemeffizienz des Personenverkehrs zu verbessern, indem möglichst viele Wegeanteile vom motorisierten Individualverkehr auf die klimaschonenden Verkehrsmittel des Umwelt-

verbunds (Fuß & Rad und Busse & Bahnen) verlagert werden.

Anders: die Konsistenz

„Anders“ verweist auf den Grundsatz der Konsistenz und stellt auf eine qualitativ andere, naturverträglichere Produktions- und Konsumweise unter Einbezug naturangepasster Technologien und Verhaltensmuster ab. Es geht darum, sich in gegebene, erneuerbare Naturflüsse wie Sonne, Wind, Wasser oder organisches Wachstum klug einzuschalten und das verfügbare Angebot für menschliche Zwecke nutzbar zu machen – und dabei die natürliche Regenerationsfähigkeit zu bewahren und nicht zu zerstören.

Im Stadtverkehr ist der nicht motorisierte Verkehr zu Fuß und mit dem Fahrrad als Null-Emissions-Mobilität eine solche Konsistenztechnologie. Gerade im Kurzstreckenverkehr in den Kommunen ist der Fuß- und Radverkehr von enormer Bedeutung – immerhin sind 60,9 % der alltäglichen Wege nicht länger als fünf Kilometer (vgl. BMVBS 2010: 41), haben also ideale Fahrradentfernung. Und sogar jeder zehnte mit dem Auto zurückgelegte Weg endet schon nach etwa einem Kilometer oder weniger – liegt also im Entfernungsspektrum des Fußverkehrs. In dem Maß, wie es gelingt, Autoverkehr durch Fuß- und Radverkehr zu ersetzen, können Mensch und Umwelt Lärm, Luftschadstoffe und Treibhausgasemissionen erspart werden.

Weniger: die Suffizienz

„Weniger“ schließlich bezeichnet die dritte umweltpolitische Grundstrategie

„Suffizienz“ zur Entkopplung von Wohlstandsentwicklung und Ressourcenverbrauch. Suffizienz zielt auf eine quantitative Verringerung der absoluten Ressourcenverbräuche. Selbstbegrenzung in der wirtschaftlichen und technischen Leistungskraft gehören zum Leitbild einer zukunftsfähigen Wirtschaft. Damit ist auch die grundsätzliche Frage verbunden, wie heute ein Weg zu einer Wirtschaftsweise eingeschlagen werden kann, die allen Bürgern ein gedeihliches Leben sichert, ohne auf ständiges Wachstum angewiesen zu sein.

„Weniger“ heißt bei der Stadtentwicklung im Verkehrsbereich, durch eine integrierte Stadt- und Verkehrsplanung Verkehr möglichst einzusparen, bevor er entsteht. Dazu dient eine Orientierung am räumlichen Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege“. Es gilt, die Daseinsgrundfunktionen Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Erholung und Bildung in städtischen Strukturen zu organisieren und einer weiteren Suburbanisierung dieser Funktionen ins Umland der Städte entgegenzusteuern. Nutzungsmischung und dichte Stadtstrukturen sind wichtige räumliche Voraussetzungen, um überflüssige Wege zu vermeiden oder unnötig lange Wege zu verkürzen. Kompakte Siedlungsstrukturen begünstigen außerdem Fußgänger und Fahrradfahrer. Und je höher die Einwohnerdichte ist, desto wirtschaftlicher kann ein liniengebundenes öffentliches Nahverkehrssystem betrieben werden. Ziel ist, die Mobilität der Menschen zu gewährleisten, aber mit grundsätzlich weniger Verkehr zu bewerkstelligen.

#### Modellrechnung zur Abschätzung von CO<sub>2</sub>-Minderungen im Stadtverkehr – am Beispiel Wuppertal

Die Strategien und die Größenordnungen der erforderlichen Minderungen werden am Beispiel der Stadt Wuppertal (ca. 350.000 Einwohner im Jahr 2010) in einem Backcasting-Szenario mithilfe von Modellrechnungen zu den dadurch ersparten Kohlendioxidemissionen überschlägig abgeschätzt. Die Leitfrage lautet: Wie können die für den Klimaschutz erforderlichen CO<sub>2</sub>-Minderungsziele für 2050 erreicht werden, d. h. eine 80- bzw. 95%ige Senkung im Vergleich zum Basisjahr 1990? Wuppertal ist eine schrumpfende Großstadt in der Bergischen Region (NRW), in der im Jahr 2002<sup>3</sup> die Bevölkerung die Hälfte ihrer Wege mit dem Auto (51 % MIV) und die andere mit dem Umweltverbund zurückgelegt hat, d. h. zu Fuß (32 %), mit dem Rad (1 %) oder dem ÖPNV (16 %).

Die Abschätzungen in der Modellrechnung mit einem überschlägigen Verfahren werden in vier Schritten vorge-

nommen. Ausgangspunkt ist die Erhebung „Mobilität in Wuppertal 2002“, in der die relativ aktuellsten Daten für Wuppertal ermittelt wurden (HHS 2003). Daraus werden die empirisch ermittelten Angaben zum Verkehrsaufkommen (Wegezähl pro Tag) nach Verkehrsmitteln in Wuppertal im Jahr 2002 übernommen. Weil keine für Wuppertal erhobenen Angaben zum Verkehrsaufwand (Personenkilometer pro Tag) nach Verkehrsmitteln vorhanden sind, werden diese Werte durch Multiplikation der empirischen Angaben zur durchschnittlichen Wegelänge differenziert nach Verkehrsmitteln aus der im gleichen Zeitraum durchgeführten Erhebung „Mobilität in Deutschland 2002“ (kurz: MiD 2002, BM-VBS 2004) für den BBR-Kreistyp 1 „Kernstädte mit unter 500.000 Einwohnern“ für Wuppertal abgeschätzt. Zudem wurden Korrekturfaktoren eingesetzt, die eine Hochrechnung der für Werkstage im Herbst 2002 erhobenen Wuppertaler Daten auf alle Tage einschließlich der Wochenenden im Durchschnitt des Gesamtjahres 2002 erlauben. Die so errechnete Zahl der durchschnittlichen Kilometer pro Person und Tag nach Verkehrsmitteln wird mit der Einwohnerzahl Wuppertals 2002 (366.062 EW, Stadt Wuppertal 2010) und der Anzahl der Tage im Jahr (365) multipliziert. Daraus ergibt sich die Gesamtzahl der in Wuppertal zurückgelegten Personenkilometer für das Jahr 2002.

Für das Bezugsjahr 1990 wird in vergleichbarer Weise eine Baseline rekonstruiert. Dazu werden Daten zum Verkehrsaufkommen in Wuppertal aus einer Erhebung von Socialdata im Jahr 1990 (socialdata 1990) verwendet. Da für 1990 keine Angaben zum Verkehrsaufwand vorliegen, mussten die Wegezahlen nach Verkehrsmitteln im Jahr 1990 vereinfachend mit den durchschnittlichen Wegelängen nach Verkehrsmitteln 2002 multipliziert werden, um den Verkehrsaufwand im Personenverkehr in Wuppertal für 1990 abzuschätzen.

Aus dem errechneten Verkehrsaufwand für die verschiedenen Verkehrsmittel wird anhand von Verkehrsmittel spezifischen Emissionsfaktoren nach Angaben des Umweltbundesamts (Richter 2010) die Menge des im Wuppertaler Personenverkehr ausgestoßenen CO<sub>2</sub> für die Jahre 1990 und 2002 abgeschätzt.

Nun wird in einzelnen Berechnungsschritten analysiert, mit welcher Intensität die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategien durch Bevölkerungsrückgang, Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Verkehrstechnikverbesserung verfolgt und miteinander kombiniert werden müssen, damit im

Backcasting-Szenario die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele für 2050 für die beiden Zielniveaus Minus-80-Prozent und Minus-95-Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 erreicht werden können.

#### CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale durch den demografischen Wandel

Der demografische Wandel wirkt als große gesellschaftliche Veränderung exogen auf den Verkehrssektor ein und eröffnet Chancen für eine klimaschonende Mobilitätsgestaltung auf lokaler Ebene. Alle Abschätzungen der Entwicklung der Bevölkerungszahl in Wuppertal gehen weiterhin von einem starken Rückgang der Einwohnerzahl in Wuppertal in den nächsten Jahrzehnten aus. Im Jahr 2050 werden vermutlich nur noch rund 270.000 Einwohner in Wuppertal leben, das wären dann über 100.000 Einwohner weniger als im Jahr 1990. Dazu tragen sowohl die rückläufige natürliche Bevölkerungsentwicklung als auch der negative Wanderungssaldo bei. Und damit gehen strukturelle Veränderungen einher: Einerseits sinkt der Anteil der Kinder und Jugendlichen und steigt der Anteil der Senioren. Andererseits steigt der Anteil der Einwohner mit ausländischer Staatsangehörigkeit bzw. der Menschen mit Migrationshintergrund. Insgesamt kann man die künftige Bevölkerungsentwicklung in Wuppertal, so wie in vielen anderen deutschen Städten auch, mit den drei Schlagworten „weniger – älter – bunter“ charakterisieren.

Dieser demografische Wandel, der „von außen“ auf die Stadt- und Verkehrsentwicklung einwirkt, eröffnet eine Chance für den Klimaschutz, weil er ein Potenzial zur absoluten Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Wuppertal beinhaltet, wenn die Pro-Kopf-Emissionen konstant bleiben. Allerdings ist das keine Entwicklung im Selbstlauf. Es gilt, das Einsparpotenzial durch aktives kommunales Handeln gezielt zu erschließen, zum Beispiel bei der Schulstandortpolitik.

Rückläufige absolute Schülerzahlen legen aus Kostengründen zunächst eine Schließung und Zusammenfassung von Schulstandorten nahe. Damit würden die Schuleinzugsbereiche ausgedehnt und längere Wege erzeugt, die mehr motorisierte Schülertransporte mit dem Schulbus oder dem „Taxi Mama“ erforderlich machen. Im Ergebnis würde im Schülerverkehr mehr Kohlendioxid emittiert werden. Man könnte die zurückgehenden Schülerzahlen aber auch für eine klimaschonende Schulpolitik nutzen. Dazu müssten nach dem Grundsatz „kurze Beine – kurze Wege“ die Anzahl der Schulen und die gut zu Fuß erreichbaren Schulstandorte in den Stadtteilen erhalten bleiben und stattdessen bewusst in



Tabelle 2: Verkehrsverlagerung - Beispiele für Modal Shift in Städten

Stadt	Zeitraum	Einwohner im „Nachher-Jahr“	Vorher				Nachher				Saldo			
			MIV	ÖPNV	Rad	Fuß	MIV	ÖPNV	Rad	Fuß	MIV	ÖPNV	Rad	Fuß
Rostock 1	1991-2000	200.506 <sup>A</sup>	32	22	6	40	42	18	9	31	10	-4	3	-9
Wiesbaden 1	1990-2003	271.995 <sup>A</sup>	51	17	4	28	56	15	3	26	5	-2	-1	-2
Schwerin 2	2003-2008	95.551 <sup>A</sup>	40	18	10	32	44	17	9	30	5	-2	-1	-2
Zwickau 2	2003-2008	94.749 <sup>F</sup>	56	11	7	27	61	11	5	23	5	1	-2	-3
Chemnitz 2	2003-2008	243.880 <sup>A</sup>	50	14	6	30	54	14	6	26	4	0	0	-4
Düsseldorf 1	1990-1999	568.855 <sup>A</sup>	43	18	9	30	47	21	8	24	4	3	-1	-6
Dessau-Roßlau 2	2003-2008	88.693 <sup>A</sup>	46	7	24	23	50	8	22	20	4	1	-2	-3
Stuttgart 1	1990-1998	581.961 <sup>A</sup>	43	23	6	28	46	22	6	26	3	-1	0	-2
Bremen 1	1991-1997	546.968 <sup>A</sup>	40	17	22	21	43	16	21	20	3	-1	-1	-1
Hannover 1	1990-1997	520.670 <sup>G</sup>	39	22	16	23	42	23	13	22	3	1	-3	-1
Augsburg 2	2003-2008	263.313 <sup>A</sup>	41	18	17	24	44	19	13	24	3	1	-3	-1
Fürth 2	2003-2008	114.071 <sup>A</sup>	48	18	10	24	50	17	9	24	2	-1	-1	0
Hilden 1	1991-1999	56.271 <sup>A</sup>	54	8	14	24	56	10	13	21	2	2	-1	-3
Köln 1	1992-1998	962.580 <sup>A</sup>	42	17	11	30	43	19	12	26	1	2	1	-4
Gera 2	2003-2008	100.643 <sup>A</sup>	47	20	5	28	49	19	4	29	1	-2	-1	1
Erkrath 1	1991-1999	48.986 <sup>B</sup>	57	14	7	22	58	15	6	21	1	1	-1	-1
Kassel 1	1988-1997	199.453 <sup>A</sup>	48	17	6	29	49	18	5	28	1	1	-1	-1
Nürnberg 1	1989-2008	503.638 <sup>A</sup>	44	19	12	25	45	22	11	22	1	3	-1	-3
Essen 1	1990-2008	579.759 <sup>A</sup>	53	15	5	27	53	16	7	24	0	1	2	-3
Aachen 8	1990-2003	256.605 <sup>A</sup>	52	10	10	28	52	14	10	24	0	4	0	-4
Hamburg 1	1991-2002	1.728.806 <sup>A</sup>	45	21	12	22	45	22	11	22	0	1	-1	0
Karlsruhe 1	1992-2002	281.334 <sup>A</sup>	44	16	17	23	44	18	16	22	0	2	-1	-1
Berlin 7	1992-2008	3.431.675 <sup>A</sup>	35	31	7	27	34	28	12	26	-1	-3	5	-1
Potsdam 2	2003-2008	152.966 <sup>A</sup>	37	20	20	23	37	19	20	24	-1	0	0	1
Bonn 1	1991-1999	301.048 <sup>A</sup>	46	14	13	27	44	14	17	25	-2	0	4	-2
Dresden 2	2003-2008	512.234 <sup>A</sup>	43	20	12	24	41	21	16	22	-2	1	4	-3
Lünen 1	1988-1995	72.329 <sup>B</sup>	52	7	15	26	50	7	18	25	-2	0	3	-1
Gladbeck 1	1989-1997	78.675 <sup>B</sup>	53	7	14	26	51	7	17	25	-2	0	3	-1
Oberhausen 1	1995-2002	220.928 <sup>A</sup>	59	13	6	22	56	16	8	20	-3	3	2	-2
Wuppertal 6	1990-2002	366.062 <sup>A</sup>	54	17	1	28	51	16	1	32	-3	-1	0	4
München 5	2002-2008	1.326.807 <sup>A</sup>	41	21	10	28	37	21	14	28	-4	0	4	0
Frankfurt a.M. 2	2003-2008	664.838 <sup>A</sup>	39	23	10	30	34	23	13	30	-4	0	3	0
Jena 2	2003-2008	103.392 <sup>A</sup>	38	18	10	33	34	16	10	39	-4	-2	0	6
Troisdorf 1	1988-1996	72.329 <sup>E</sup>	57	7	16	20	52	7	21	20	-5	0	5	0
Leipzig 2	2003-2008	515.469 <sup>A</sup>	44	17	13	26	40	19	14	27	-5	2	2	1
Erfurt 2	2003-2008	203.333 <sup>A</sup>	44	21	9	26	40	24	8	29	-5	3	-1	3
Magdeburg 2	2003-2008	230.047 <sup>A</sup>	54	15	14	18	49	21	10	21	-5	6	-4	3
Heidelberg 4	1988-1999	139.672 <sup>A</sup>	48	12	22	18	43	20	20	17	-5	8	-2	-1
Halle a.d.Saale 2	2003-2008	233.013 <sup>A</sup>	45	19	9	28	38	18	14	29	-6	0	5	2
Dortmund 9	1998-2008	584.412 <sup>A</sup>	53	20	6	21	47	23	10	20	-6	3	4	-1
Freiburg 10	1989-2004	213.998 <sup>A</sup>	44	16	18	22	37	23	20	20	-7	7	2	-2
Wien 1	1993-2008	1.687.271 <sup>D</sup>	40	29	3	28	33	35	5	27	-7	6	2	-1
Zürich 3	1989-1999	371.352 <sup>C</sup>	36	32	7	25	27	38	8	27	-9	6	1	2

Aufgrund von Rundungen und Darstellung der Modal Split-Werte ohne Nachkommastellen können sich Gesamtwerte ergeben, die geringfügig von 100 Prozent abweichen (+/-1%). Es wurden nur Städte ausgewählt, deren verfügbare Modal Split-Werte nicht älter als 1985 sind. Die Liste der Städte erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Quellen: Modal Split-Werte

- 1 Socialdata: Mobilitätsdaten: [http://www.socialdata.de/daten/vm\\_d.php](http://www.socialdata.de/daten/vm_d.php) (zugegriffen am 15.01.2011)
- 2 Mobilität in Städten (SrV) (2003/2008): [http://www.tu-dresden.de/srv/SrV\\_Web/](http://www.tu-dresden.de/srv/SrV_Web/) (zugegriffen am 15.01.2011)
- 3 Bratzel (1999: 181)
- 4 Stadt Heidelberg (2008: 8)
- 5 Landeshauptstadt München (2010: 22)
- 6 socialdata (1990) und eigene Berechnung für 2002, basierend auf HHS (2003)
- 7 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2009:2)
- 8 socialdata (1990) und Stadt Aachen (2003: 65)
- 9 Werte 1998: Stadt Dortmund (2004: 18); Werte 2008: telefonische Auskunft Planungsamt der Stadt Dortmund
- 10 Wert für 1989: Bratzel (1999), Wert für 2004: telefonische Auskunft Stadtplanungsamt Freiburg

Stammen die Modal Split-Werte der beiden aufgeführten Jahre aus unterschiedlichen Erhebungen, können die Erhebungsmethoden voneinander abweichen:

Essen: 2008: Socialdata, laut telefonischer Auskunft vom Planungsamt der Stadt Essen

Wien: 1993: Socialdata, zitiert in Stadt Wien (2003: 14)

Quellen: Bevölkerungszahlen (immer zum 31.12. des jeweiligen Nachher-Jahres):

- A Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Regionaldatenbank Deutschland, [www.regionalstatistik.de](http://www.regionalstatistik.de) (zugegriffen am 15.01.2011)
- B Landesdatenbank NRW – Bevölkerungsstatistik: [www.landesdatenbank.nrw.de](http://www.landesdatenbank.nrw.de) (zugegriffen am 15.01.2011)
- C Stadt Zürich (2002)
- D Stadt Wien: Bevölkerungsfortschreibung ab 2001, <http://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/pdf/bev-fortschreibung.pdf> (zugegriffen am 15.01.2011)
- E Stadt Troisdorf (2000: 9)
- F Stadt Zwickau (2008)
- G Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen: [www.nls.niedersachsen.de](http://www.nls.niedersachsen.de) (zugegriffen am 15.01.2011)

Tabelle 3: Verkehrsverlagerung – Handlungsziele für Wuppertal 2050 im Minus-80%-CO<sub>2</sub>-Szenario

Verkehrsaufkommen (% Wege)	MID 2002 BBR-K1*	W'tal 2002	Ziel 2005	Modal Shift Ziel	Beispielstädte (% Wege)
Fuß	24	32	32	Halten!	Erfurt 1998: 28 Kassel 2007: 28
Rad	8	1	10	Verzehnfachen!	Dortmund 2008: 10 Heidelberg 1999: 20
ÖPNV	13	16	32	Verdoppeln!	Zürich 1999: 38 Wien 2006: 35
MIV	56	51	26	Halbieren!	Zürich 1999: 27 Freiburg 2004: 37

\* Angaben für den Kreistyp 1 der Raumkategorien nach BBR: „Kernstädte mit unter 500.000 Einwohnern“  
Quellen: BMVBS (2004), HHCI (2003), Socialdata (1990), eigene Berechnungen

kleinere Klassen investiert werden. Damit würde ein doppelter Nutzen entstehen: besserer Unterricht und mehr Klimaschutz.

Für das Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird hier zunächst zurückhaltend angenommen, dass in allen vom demografischen Wandel betroffenen Bereichen durch entsprechende kommunalpolitische Konzepte bis 2050 die Hälfte (50 %) des theoretischen denkbaren Klimaschutzpotenzials der sinkenden Bevölkerungszahl erschlossen wird.

Für das weitergehende Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird demgegenüber vorgeschlagen, durch offensive, kommunalpolitische Konzepte bis 2050 das theoretisch denkbare Klimaschutzpotenzial der sinkenden Bevölkerungszahl vollständig (100 %) zu erschließen.

### Verkehrsvermeidung

Die Vermeidung von Verkehr konkretisiert die prinzipielle umweltpolitische

Suffizienz-Strategie im Personenverkehr. Die vorsorgliche Verringerung des Verkehrsaufwands, gemessen in Personenkilometern pro Jahr, dient dem Klimaschutz und ist als Basisstrategie unmittelbar einleuchtend – genauso wie etwa das Energieeinsparen durch eine Verkleinerung der beheizten Wohnfläche. Deshalb ist die Verkehrsvermeidung auch zu Recht seit Jahrzehnten eine oft deklarierte Kernstrategie einer ökologischen Verkehrsplanung.

Dabei geht es darum, mit durchaus bekannten integrierten stadt- und verkehrsplanerischen Konzepten wie die Stadt der kurzen Wege, Mischung der Funktionen, Bestandspflege statt Neubau oder Innenentwicklung vor Außenentwicklung die Länge der durchschnittlichen Wege pro Person und Tag zu verkürzen und die Anzahl der erforderlichen Wege pro Person und Tag vor allem durch leichtere Wegekoppelungen zu

verringern. Zusätzlich kann die Kommune darauf zielen, den Anteil der Personen die überhaupt ihre Wohnung verlassen und unterwegs sind zu verringern, z. B. indem moderne IuK-Technologien wie Online-Banking den Bankbesuch entbehrlich machen, virtuelle Rathäuser im Internet den Behördengang ersetzen oder Home-Office-Lösungen Arbeitswege ersparen. Auch eine kommunale Zeitpolitik kann verkehrsvermeidend gestaltet werden, zum Beispiel wenn die Zahl der verkaufsoffenen Sonntage begrenzt wird, sodass zusätzlicher Einkaufsverkehr am Sonntag vermieden wird.

Gleichwohl wächst der empirisch ermittelbare Verkehrsaufwand in Deutschland seit Jahrzehnten – sowohl im motorisierten Individualverkehr als auch im ÖPNV (Abbildung 4). Außerdem sind in Deutschland keine Fälle bekannt, in denen eine ganze Stadt oder Region eine aktive Verkehrsvermeidungspolitik verfolgt hätte, die zu einem empirisch belegbaren Rückgang des Verkehrsaufwands geführt hätte.

Für das Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario für die Beispielstadt Wuppertal wird deshalb als zurückhaltender Zielwert angenommen, den Verkehrsaufwand bis zum Jahr 2050 um ein Promille pro Jahr zu verringern, also um 1 % pro Jahrzehnt. Für das weitergehende Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird demgegenüber sehr ambitioniert angenommen, bis 2050 ein Fünftel des Verkehrsaufwands einzusparen.

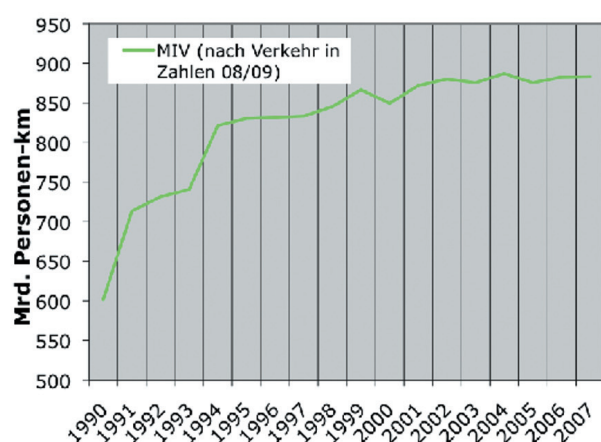
### Verkehrsverlagerung

Die Verlagerung von Verkehrsmitteln vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den Umweltverbund, also

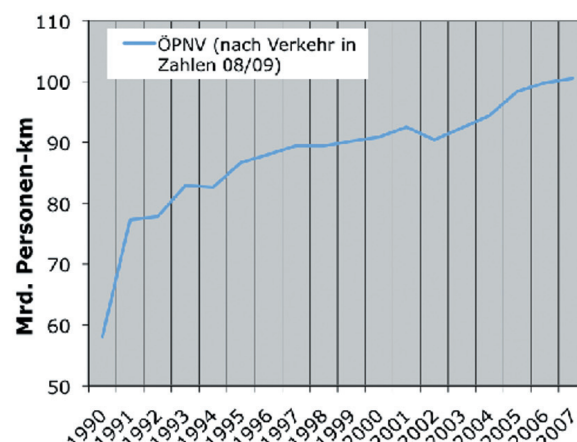
Abbildung 4: Entwicklung des Verkehrsaufwands im MIV und ÖPNV in Deutschland 1990-2007 (in Mrd Pkm)

(Quelle: BMVBS &amp; DIW 2009)

#### Entwicklung der Verkehrsleistung im MIV (1990-2007)



#### Entwicklung der Verkehrsleistung im ÖPNV (1990-2007)



den Fuß- und Radverkehr sowie den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) samt Car-Sharing und Taxi, ist das zentrale Aktionsfeld für kommunalen Klimaschutz im Verkehr. Fuß- und Radverkehr als Null-Emissions-Verkehrssysteme entsprechen der umweltpolitischen Konsistenz-Strategie, während die motorisierten öffentlichen Verkehrsträger der Effizienz-Strategie zuzurechnen sind. Sie bieten eine höhere Systemeffizienz als der MIV und sind klimapolitisch günstiger, weil sie weniger Kohlendioxid pro Personenkilometer emittieren (BMU 2007: 20 f.).

Das planerische Instrumentarium für eine solche klar Klimaschutzorientierte kommunale Verkehrspolitik durch kombinierte Anreiz- und Restriktionsstrategien ist grundsätzlich bekannt: Es geht einerseits darum, den Umweltverbund aus Fuß- und Radverkehr sowie öffentlichem Verkehr konsequent zu fördern und auszubauen. Andererseits gilt es, dem motorisierten Individualverkehr mit klaren Restriktionsstrategien zu begegnen. Das sind allerdings keine kommunalpolitischen Selbstverständlichkeiten, sondern heiß umstrittene Arenen – zum Beispiel die Einrichtung von Umweltzonen bzw. Klimazonen, die flächenhafte Ausdehnung von Tempolimits in der Stadt, die Umverteilung von MIV-Fahrspuren zum Umweltverbund, die Installation von Pfortnerampeln, zeitweilige Fahrverbote und Straßensperren, die Einführung einer City-Maut oder die restriktive Handhabung der kommunalen Parkraum- und Stellplatzpolitik.

Tabelle 2 zeigt für 43 Beispielstädte, welche Verlagerungen dort für die Anteile der verschiedenen Verkehrsträger am kommunalen Verkehrsaufkommen über längere Zeiträume zu verzeichnen sind. Die Zusammenstellung verdeutlicht, dass die jeweilige kommunale Verkehrspolitik zu höchst unterschiedlichen Verlagerungseffekten geführt hat. Einerseits gibt es Städte wie Rostock, Wiesbaden oder Schwerin, bei denen eine deutliche, klimakritische Verschiebung vom Umweltverbund zum MIV zu verzeichnen ist. Andererseits zeigen Erfolgsbeispiele wie Zürich, Wien, Freiburg oder Dortmund, dass Verlagerungen vom MIV zum Umweltverbund tatsächlich verwirklicht werden können. Also: ein klimaschonender Modal Shift ist in der Praxis möglich und machbar! Dazu ist eine konsequente kommunale Verlagerungspolitik nötig, die ernsthaft eine kluge Kombination von Pull- und Push-Strategien (Anreizen und Restriktionen) betreibt.

Im Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario für das Beispiel Wuppertal wird deshalb angenommen, durchaus ambitionierte, aber im Vergleich mit anderen Städten auch machbare Modal-Split-Ziele bis 2050 zu verfolgen (Tabelle 3): Halten des bereits beachtlich hohen Fußanteils, Verzehnfachung des sehr niedrigen Radverkehrsanteils, Verdoppeln des ÖPNV-Anteils, sodass der Anteil des Umweltverbunds am Verkehrsaufkommen im Jahr 2050 dann bei insgesamt 74 % liegt und spiegelbildlich der des MIV von 51 % im Jahr 2002 auf 26 % im Jahr 2050 halbiert wird.

Für das weitergehende Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird angenommen, die Null-Emissions-Mobilität noch stärker auszubauen und praktisch eine autofreie Großstadt zu entwickeln: Steigerung des Fußanteils um etwa ein Drittel auf 44 %, Erhöhung des Radverkehrsanteils auf 15 % und Ausbau auf 40 % für den ÖPNV wie im Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario – damit würden dann in 40 Jahren 99 % des Verkehrsaufkommens mit dem Umweltverbund bewältigt und nur noch 1 % vom motorisierten Individualverkehr.

### Verkehrsverträglichkeit durch verbesserte Fahrzeugeffizienz

Verbesserung und Verträglichkeit des verbleibenden motorisierten Verkehrs ist die dritte Strategie zur Entwicklung eines nachhaltigen Verkehrs. Sie konkretisiert im Verkehr das allgemeine umweltpolitische Prinzip der Effizienz. Um im städtischen Personenverkehr zur erforderlichen massiven Minderung der Treibhausgasemissionen zu kommen, geht es dabei um eine deutliche Verbesserung der Fahrzeugeffizienz bei Pkw, Bus und Bahn.

Abbildung 5 zeigt die bisherige Entwicklung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw-Flotte in Deutschland und mögliche Zukunftspfade. Im Jahr 1990 lag der Durchschnittswert der CO<sub>2</sub>-Emissionen noch bei 217 g CO<sub>2</sub>/km. Inzwischen ist er auf 179 g CO<sub>2</sub>/km im Jahr 2008 zurückgegangen. In 18 Jahren sind die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Pkw-Flotte um 17,5 % gesunken.

Abbildung 5: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der PKW in Deutschland. Historische Entwicklung und mögliche Zukunftspfade (aus: Schallaböck 2010)

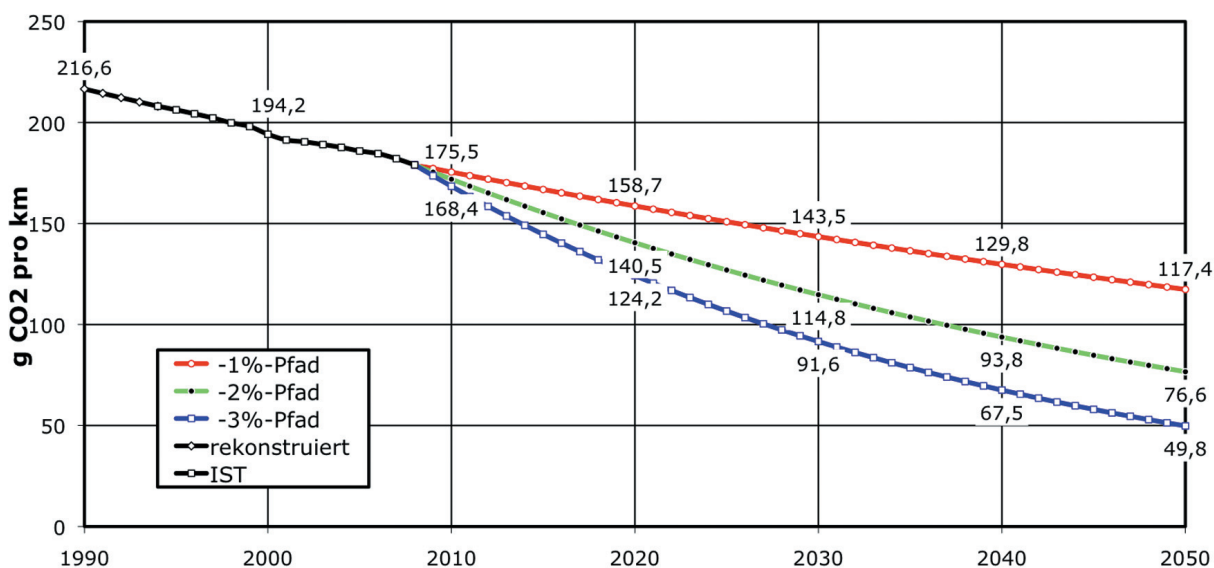


Abbildung 6: Personenverkehr Wuppertal 2050 im Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario – ein Vorschlag zur integrativen Kombination von Teilstrategien (Ausgangsdaten: Harloff Hensel 2002; Szenariorechnung 2050: eigene Berechnungen)

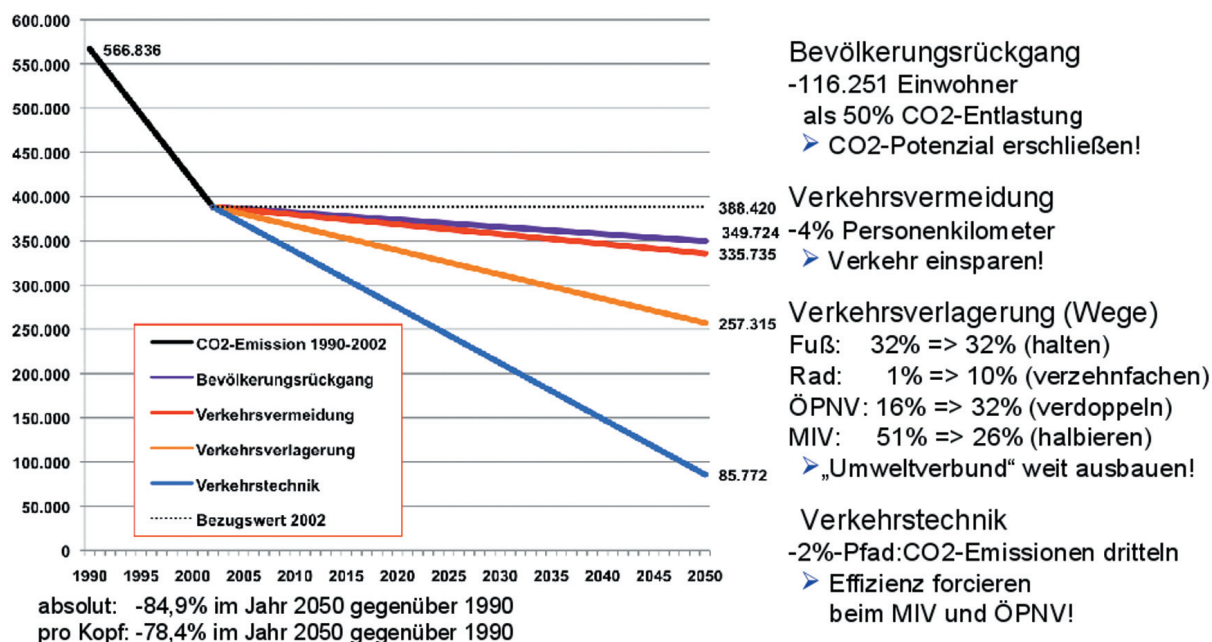
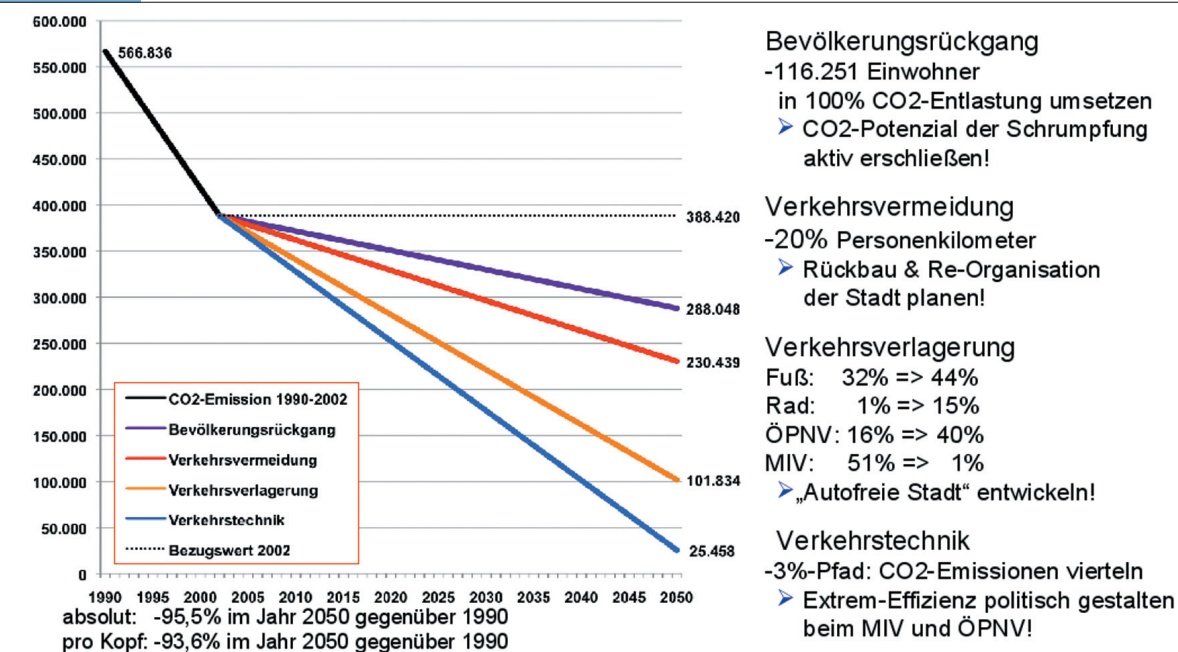


Abbildung 7: Personenverkehr Wuppertal 2050 im Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario – ein Vorschlag zur integrativen Kombination von Teilstrategien (Ausgangsdaten: Harloff Hensel 2002; Szenariorechnung 2050: eigene Berechnungen)



Wenn man die Erfahrungswerte der Vergangenheit als Zukunftstrend linear verlängert und von einer Effizienzsteigerung des Pkw-Flottendurchschnitts von weiterhin etwa 1 % im Jahr ausgeht, errechnet sich für das Jahr 2050 ein durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Emissions-Wert für die in Deutschland fahrende Pkw-Flotte von 118 g CO<sub>2</sub>/km. Damit hätte sich

die spezifische CO<sub>2</sub>-Emission der Flotte in den 60 Jahren von 1990 bis 2050 fast halbiert.

Der kontinuierliche Erneuerungsprozess der in Deutschland fahrenden Pkw-Flotte beinhaltet also erhebliches Potenzial zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Daher wird vorgeschlagen, diese große Chance proaktiv zu nutzen und

durch eine forcierte Fahrzeugeffizienzpolitik schnellere und stärkere Minderungsbeiträge zu erschließen, als in der rechnerischen Trendentwicklung zu erwarten wären.

Für das Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird angenommen, mit einer politisch forcierten Fahrzeugeffizienzstrategie auf einen Minus-Zwei-Prozent-



Pfad einzuschwenken und für die Pkw-Flotte in Deutschland statt des einen Prozents im Trendverlauf künftig 2 % Effizienzverbesserung pro Jahr anzustreben. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw-Flotte in Deutschland im Jahr 2050 würden damit nur noch gut ein Drittel des Ausgangswerts im Jahr 1990 betragen.

Für das weitergehende Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario wird angenommen, sogar auf einen Minus-Drei-Prozent-Pfad zu wechseln und eine Extrem-Effizienz-Politik zu verfolgen, die darauf zielt, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw-Flotte in Deutschland im Jahr 2050 etwa zu vierteln im Vergleich zum Basisjahr 1990.

Eine Kommune hat nur begrenzten Einfluss auf die erforderliche, beschleunigte Effizienzsteigerung der Pkw-Flotte in ihrem Stadtgebiet. Als verkehrspolitische Akteure sind vor allem der Bund und die EU gefragt, regulativ die Senkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen anzutreiben. Kommunen können sich politisch bei diesen übergeordneten Ebenen für die Verschärfung der entsprechenden Vorschriften wie Flottenverbrauchslimits, CO<sub>2</sub>-basierte Kfz-Steuer oder Tempolimits einsetzen. Im eigenen Konzern Kommune können sie den kommunalen Fuhrpark – Dienstfahrzeuge genauso wie die Busflotte des Nahverkehrs – CO<sub>2</sub>-sparsam modernisieren. Und der lokale ÖPNV-Betreiber kann seine elektrischen Fahrzeuge (Straßenbahnen, U-Bahnen und Elektrobusse) auf CO<sub>2</sub>-neutralen, regenerativ erzeugten Strom umstellen. Außerdem wird vorgeschlagen, das Instrument „Umweltzone“ zur „Klimazone“ weiterzuentwickeln: darin dürften künftig – so der Vorschlag – nur Kraftfahrzeuge mit spezifisch niedrigen Treibhausgasemissionen fahren. Und diese Grenzwerte sollten kontinuierlich abgesenkt werden, als klarer Impuls an die Autohalter, in Zukunft besonders emissionsarme Pkw zu kaufen.

### Zusammenwirken der Teilstrategien

Die Städte sind herausgefordert, in den kommenden vier Jahrzehnten entlang der drei Prinzipien „Besser! Anders! Weniger!“ ihre Treibhausgasemissionen, allen voran das Kohlendioxid aus Verbrennungsprozessen, um 80 bis 95 % zu verringern – auch im Personenverkehr. Für diese Größenordnungen sind ambitionierte Anstrengungen und die Integration der Strategien Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Verbesserung der Fahrzeugeffizienz sowie die Erschließung der Klimaentlastungspotenziale des demografischen Wandels erforderlich. Wie diese Strategien in ei-

nem Backcasting-Szenario zusammenwirken können, kann man am Beispiel der Stadt Wuppertal zeigen und ihre Entlastungseffekte modellhaft abschätzen.

Wenn im Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario für Wuppertal 2050:

1. bei der Verkehrsvermeidung durch die Entwicklung einer „Stadt der kurzen Wege“ 1 Promille der Personenkilometer pro Jahr eingespart werden,
2. bei der Verkehrsverlagerung ein deutlicher Modal Shift vom Auto zum Umweltverbund erzielt wird, sodass der Wegeanteil des Umweltverbunds von 49 auf 74 % ansteigt (32 % Fuß, 10 % Rad, 32 % ÖPNV) und der motorisierte Individualverkehr von 51 auf 26 % halbiert wird,
3. bei der Verkehrstechnik die CO<sub>2</sub>-Emissionen der PKW und des ÖPNV um 2 % pro Jahr doppelt so stark wie in der ohnehin laufenden Trendentwicklung gesenkt, also bis 2050 gedrittelt werden gegenüber 1990, und
4. bei einem absehbaren Bevölkerungsrückgang von über 100.000 Einwohnern bis 2050 die Hälfte des darin enthaltenen des CO<sub>2</sub>-Entlastungspotenzials genutzt wird, dann sinkt der Verkehrsaufwand in Personenkilometer pro Jahr und verschiebt sich deutlich vom Auto zum Umweltverbund und können die CO<sub>2</sub>-Emissionen des städtischen Personenverkehrs in Wuppertal bis 2050 im Vergleich zum Basisjahr 1990 absolut um 85 % reduziert werden bzw. um 78 % pro Kopf (Abbildung 6).

Eine weitergehende Absenkung der absoluten Kohlendioxidemissionen des städtischen Personenverkehr in Wuppertal bis 2050 um 95 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 bzw. um 94 % pro Kopf ist machbar (Abbildung 7), wenn:

1. beim Bevölkerungsrückgang von über 100.000 Einwohnern 100 % des theoretischen CO<sub>2</sub>-Entlastungspotenzials auch tatsächlich realisiert wird,
2. bei der Verkehrsvermeidung 20 % der Personenkilometer im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 eingespart werden,
3. bei der Verkehrsverlagerung praktisch eine autofreie Stadt entwickelt wird, mit 99 % Umweltverbund (44 % Fuß, 15 % Rad, 40 % ÖPNV) und nur noch 1 % Autoverkehr und
4. bei der Verkehrstechnik die CO<sub>2</sub>-Emissionen der PKW und des ÖPNV um 3 % pro Jahr extrem gesenkt, also bis 2050 geviertelt werden im Vergleich zu 1990.

### Fazit

Die Modellrechnungen für Wuppertal, die grundsätzlich auch auf andere Städte übertragbar sind, zeigen richtungssicher und größenordnungssicher, dass

- die Großaufgabe „klimaschonender Stadtverkehr“ vorstellbar ist,
- es auf ein integriertes Zusammenwirken der Teilstrategien ankommt und
- das Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario für Wuppertal 2050 sehr ambitioniert, aber grundsätzlich machbar ist.

Für die kommunale Verkehrspolitik, die Klimaschutz ernsthaft verfolgen will, stellt sich damit nach der Ob-Frage nun die Wie-Frage: Wie können die skizzierten Strategien in den erforderlichen Größenordnungen in der Praxis erfolgreich realisiert werden?

Das Minus-95-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario für Wuppertal 2050 erscheint aus heutiger Sicht demgegenüber sehr viel schwieriger realisierbar. Es macht die Umriss einer ganz anderen, einer praktisch autofreien Stadt sichtbar und wirft noch deutlich schärfer als das Minus-80-Prozent-CO<sub>2</sub>-Szenario grundsätzliche Fragen zu den Systemübergängen und Implementierungen auf. Die Gesellschaft, die Stadt- und Verkehrsplanung in der kommunalen Praxis und die Wissenschaft sind gefragt, sich dieser Herausforderung zu stellen und nach angemessenen Antworten auf diese neuen Fragen zu suchen – und zwar rasch, denn bis 2050 bleiben keine vier Jahrzehnte mehr.

Die Generationenaufgabe Klimaschutz durch eine massive Minderung der Treibhausgasemissionen entlang der drei Prinzipien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz macht deutlich, dass ein Weiter-so-wie-bisher nicht mehr möglich ist und dass kleine Kurskorrekturen in der Lebens- und Wirtschaftsweise, in der Stadtentwicklung und im Stadtverkehr dafür nicht ausreichen. Vielmehr ist ein grundlegender Kurswechsel erforderlich. Angesagt ist ein fundamentaler Zivilisationswandel, zu dem Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft auf demokratischem Wege beitragen müssen.

### Anmerkungen

1 Es handelt sich um eine wissenschaftliche Szenariobetrachtung und nicht um ein politisch beschlossenes Handlungsprogramm der Stadt Wuppertal.

2 Abk.: ppmv = parts per million als Volumenanteil, nicht als Masseanteil berechnet.

3 eigene Berechnung nach HHS (2003).

### Literatur

Beckmann, K.J. (2000): Nachhaltiger Verkehr – Ziele und Wege. In: Kissel, H.A. (Hrsg.): Nachhaltige Stadt – Beiträge zur urbanen Zukunftssicherung, 127-149, Berlin (SRL-Schriftenreihe 47).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007): Verkehr und Umwelt – Herausforderungen –

Prof. Dr.-Ing.  
Oscar Reutter

Wuppertal Institut  
& Bergische Universität  
Wuppertal  
Klima, Umwelt, Energie  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal  
+49 (0)202 2492-267  
+49 (0)202 2492-108  
oscar.reutter@  
wupperinst.org

Probleme und Erfolge der Verkehrs- und Umweltpolitik in Deutschland, Berlin. <http://www.bmu.de/verkehr/downloads/doc/40202.php> (Stand: 23.7.2010).

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2004): Mobilität in Deutschland 2002. Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten (MiD 2002), Berlin. [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/03\\_kontiv2002/publikationen.htm](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/03_kontiv2002/publikationen.htm) (Stand: 02.08.2010).

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010): Mobilität in Deutschland 2008. Tabellenband, Berlin. [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/02\\_MiD2008/publikationen.htm](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/02_MiD2008/publikationen.htm) (Stand: 22.06.2010).

Bratzel, S. (1999): Erfolgsbedingungen umweltorientierter Verkehrspolitik in Städten. Analysen zum Policy-Wandel in den „relativen Erfolgsfällen“ Amsterdam, Groningen, Zürich und Freiburg (i. Brg.). Basel.

BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland; Brot für die Welt & Evangelischer Entwicklungsdienst (Hrsg.) (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt – Ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte. Eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Frankfurt a. M..

Council of the European Union (2005): Presidency Conclusions. Brüssel. [http://ue.eu.int/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/84335.pdf](http://ue.eu.int/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/84335.pdf) (Stand: 22.06.10)

Council of the European Union (2008): Council Conclusions on preparations for the 14th session of the Conference of the Parties (COP 14) to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the 4th session of the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol (CMP 4) – Poznan, 1 to 12 December 2008; 2898th Environment Council meeting, Luxembourg.

Council of the European Union (2009): Presidency Conclusions on Brussels European Council, 29/30 October 2009, 15265/1/09, Concl 3, Brussels. [http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/110889.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/110889.pdf) (Stand: 23.07.2010)

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Arbeitskreis Umwelt und Verkehr (2003): Nachhaltige Verkehrsentwicklung im Arbeitsausschuss Grundsatzfragen der Verkehrsplanung: Nachhaltige Verkehrsentwicklung, Köln (FGSV-Arbeitspapier 59).

GISS – Goddard Institute for Space Studies (2010): Surface Temperature Analysis – Global Land-Ocean Temperature Index. <http://data.giss.nasa.gov/> & <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20100121> (Stand 21.07.10)

Hadley Centre for Climate Prediction and Research (2009): Climate monitoring and data sets. <http://www.metoffice.gov.uk/climate/change> (Stand: 22.06.10)

HHS – Harloff Hensel Stadtplanung Ingenieur GmbH (2003): Mobilität in Wuppertal 2002 – Auswertung der Befragung zur werktäglichen Verkehrsteilnahme. Untersuchung im Auftrag der Stadt Wuppertal, Wuppertal.

Holzäpfel, H. (2010): Ziele integrierter Verkehrsplanung in den Kommunen. In: Bracher, T.; Haag, M.; Holzäpfel, H.; Kiepe, F.; Lehmbrock, M. & Reutter, U. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. 36. Ergänzungslieferung, 11/2003, Stand April 2010, Berlin.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a): Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. Cambridge. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html) (Stand: 23.06.10).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Fourth Assessment Report – Climate Change, Cambridge. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/spms5.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spms5.html) (Stand: 23.07.10).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Climate Change – Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report, 13, Cambridge. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm) (Stand: 22.06.10).

Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung (2010): Ergebnisbericht Mobilität in Deutschland (MiD) 2008 – Alltagsverkehr in München. München.

Petersen, R. (2006): Ökologische Mobilität – Lehrtext für das Interdisziplinäre Fernstudium Umweltwissenschaften (Infernum). Hagen.

Reutter, O. (Hrsg.) (2007): Ressourceneffizienz – Der neue Reichtum der Städte. München.

Richter, N. (2010): CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren einzelner Verkehrsträger im Personenverkehr für 1990-2008 aus dem aktuellen Tremod-Modell. Schriftliche Auskunft vom 02.08.2010, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Schallaböck, K.-O. (2009): Spezifische Treibstoffverbräuche der PKW in Deutschland – historische Entwicklung und mögliche Zukunftspfade. Unveröffentlichte Berechnungen auf Grundlage von Daten zu Gesamtfahrleistungen und Gesamtverbräuchen in Verkehr in Zahlen, o.O.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2009): Berliner Verkehr in Zahlen – Kenndaten der allgemeinen Mobilitätsentwicklung. Berlin.

Socialdata Institut für Verkehrs- und Infrastrukturforshung GmbH: Mobilitätsdaten zur Verkehrsmittelwahl als Zeitreihen für ausgewählte Städte. [http://www.socialdata.de/daten/daten/vm\\_d.php](http://www.socialdata.de/daten/daten/vm_d.php) (Stand: 15.1.2011)

Stadt Aachen (2003): Nahverkehrsplan, 1. Fortschreibung. Aachen.

Stadt Dortmund (2004): Masterplan Mobilität. Dortmund.

Stadt Heidelberg, Amt für Stadtentwicklung und Statistik (2008): Heidelberger Strukturüberblick 2007. Heidelberg.

Stadt Troisdorf (2000): Statistische Angaben der Stadt Troisdorf. Troisdorf.

Stadt Wien (2003): Masterplan Verkehr, Wien.

Stadt Wuppertal, Statistikstelle (2010): Statistik Datenbank Wuppertal – Bevölkerungszahlen und Prognosen 2010. [http://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/db\\_statistik/welcome.phtml](http://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/db_statistik/welcome.phtml) (Stand: 28.7.2010).

Stadt Zürich (2002): Zürcher Bevölkerung im 20. Jahrhundert. Zürich (Analysen 7/2002).

Stadt Zwickau (2008): Statistische Information 2/2008. Zwickau.

Sterk, W.; Arens, C.; Beuermann, C.; Bongardt, D.; Borbonus, S.; Dienst, C.; Eichhorst, U.; Kiyar, D.; Luhmann, H.-J.; Ott, H. E.; Rudolph, F.; Santarius, T.; Schüle, R.; Spitzner, M.; Thomas, S.; Watanabe, R. (2009): Towards an Effective and

Equitable Climate Change Agreement – A Wuppertal Proposal for Copenhagen. Wuppertal. [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org) (Stand 20.07.10).

Tans, P. & NOAA/ESRL – U.S. Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory (2010): Globally averaged marine surface annual mean data. [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends) (Stand: 24.06.10).

Vereinte Nationen (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change). New York. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>, zugegriffen am 22.06.10

## Weitere Literatur

Bertelsmann Stiftung (2010): Demografiebericht Kommune Wuppertal 2008 (bis 2025). [www.wegweiser-kommune.de](http://www.wegweiser-kommune.de), Stand: 03.08.2010.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.) (2009): Verkehr in Zahlen 2009/2010, 38. Jg., DVV Media Group GmbH, Hamburg.

Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2005): Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030. Heidelberg.

LDS NRW – Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (2010): Vorausberechnung der Bevölkerung in NRW 2005-2025 und 2008-2030. [www.it.nrw.de](http://www.it.nrw.de) (Stand 03.08.2010).

Mobilität in Städten (Srv) 2003 und 2008

Petersen, R. & Diaz-Bone, H. (1998): Das Dreiliter-Auto. Wuppertal.

Stadt Wuppertal (2008): Bevölkerungsprognose 2007 – Analysen und Berichte 3. Wuppertal.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Regionaldatenbank Deutschland, Bevölkerung <http://www.regionalstatistik.de> (Stand: 15.01.2011).

Statistisches Bundesamt (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050 – 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden.

UBA – Umweltbundesamt (2005): Vergleich der Schadstoffemissionen einzelner Verkehrsträger (Bezugsjahr 2005). Dessau.

UBA – Umweltbundesamt (2010): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2008, Fassung zur EU-Submission 15.01.2010, Dessau-Roßlau.

Zimmer, W. & Hacker, F. (2010): Klimaschutz und Verkehr – Das Potenzial der Fahrzeugtechnik. In: Bracher, T.; Haag, M.; Holzäpfel, H.; Kiepe, F.; Lehmbrock, M. & Reutter, U. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. 56. Ergänzungslieferung 04/2010. Berlin.